

25. Voronin S. V., Suranov A. V., Suranov A. A. The effect of carbon nanoadditives on the tribological properties of industrial oils // Journal of Friction and Wear. 2017. Vol. 38, Issue 5. P. 359–363. doi: 10.3103/s1068366617050130
26. Повышение ресурса технических систем путем использования электрических и магнитных полей: монография / Александров Е. Е., Кравец И. А., Лысиков Е. Н. и др. Х.: НТУ «ХПИ», 2006. 544 с.
27. Лысиков Е. Н., Воронин С. В., Коновалов П. Е. Использование эффекта электрообработки жидких смазочных сред в тяжелых режимах работы подшипников: зб. наук. пр. // Українська державна академія залізничного транспорту. 2010. Вип. 115. С. 122–127.
28. Інструкція ЦТ-0060 з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України. К.: Держ. адмін. залізн. транспорту України, 2003. 54 с.
29. Сиденко В. М., Грушко И. М. Основы научных исследований. Харьков: Высш. школа, 1977. 287 с.
30. Браун Э. Д., Евдокимов Ю. А., Чичинадзе А. В. Моделирование трения изнашивания в машинах. М.: Машиностроение, 1982. 191 с.

*Досліджено взаємозв'язок між конструкційно-технологічними параметрами колектора та режимами транспортування молока до молокопроводу. Запропонована конструкція двосекційного колектора. Отримана математична модель, яка пов'язує інтенсивність молоковіддачі з технологічними параметрами розробленого колектора, залежно від режимів доїння. Встановлено раціональні співвідношення між конструкційним об'ємом молочної камери колектора та діаметром молочного шланга*

*Ключові слова: градієнт тиску, дросельний отвір, швидкість доїння, подача повітря, якість молока*

*Исследована взаимосвязь между конструкционно-технологическими параметрами коллектора и режимами транспортировки молока к молокопроводу. Предложена конструкция двухсекционного коллектора. Получена математическая модель, которая связывает интенсивность молокоотдачи с технологическими параметрами разработанного коллектора, в зависимости от режимов доения. Предложены рациональные соотношения между конструкционным объемом молочной камеры коллектора и диаметром молочного шланга*

*Ключевые слова: градиент давления, дроссельное отверстие, скорость доения, подача воздуха, качество молока*

УДК 637.125:637.131

DOI: 10.15587/1729-4061.2018.121537

## ВСТАНОВЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛЕКТОРА ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

**Г. А. Голуб**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри  
Кафедра тракторів, автомобілів і біоенергосистем\*

E-mail: gagolub@mail.ru

**О. В. Медведський**

Кандидат технічних наук, старший викладач  
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії  
Житомирський національний агроекологічний університет  
Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008

E-mail: aleksmedvedsky@gmail.com

**В. І. Ачкєвич**

Інженер, Директор  
Компанія «Аврора-сервіс»  
вул. Народного ополчення, 1, м. Київ, Україна, 03151

E-mail: achkevychv@gmail.com

**О. М. Ачкєвич**

Кандидат технічних наук  
Кафедра механізації тваринництва\*

E-mail: achkevych@gmail.com

\*Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041

### 1. Вступ

На доїльний апарат покладена надскладна біотехнологічна функція в системі машинного доїння корів –

виведення із вимені утвореного молока. При цьому, основні виконавчі дії покладено на доїльні стакани. Безпосередній контакт з організмом тварини вимагає враховувати анатомічну будову чвертей вимені. Реалізацією

тактів виведення молока та стиснення обмежується призначення доїльних стаканів у загальній системі машина-тварина-людина-середовище. Важливим в машинному доїнні корів є повне виведення утвореного у вимені молока [1, 2]. Відомо, що рівень та стабільність вакуумметричного тиску має істотне значення на повноту видоювання та збереження здоров'я тварин [2–6]. Встановлено [7, 8], що систематичні коливання тиску викликають втрату продуктивності корів до 9,2 %. Недостатній рівень вакуумметричного тиску призводить до зниження надойв молока на 14 %, виникає ефект «балонізації» дійкової гуми, що спричиняє спадання доїльних стаканів [8–10]. При високому вакуумі зростає небезпека захворювання корів на мастит [2, 11, 12].

Перепоповнення колектора молоком під час такту ссання та неповне спорожнення молочної камери призводить до зміни рівня тиску під дійкою корови. Таким чином, колектор доїльного апарата має важливе значення для підтримання бажаного рівня та стабільного вакуумметричного тиску. В свою чергу, повне вивільнення молока із молочної камери колектора залежить від раціональних конструкційно-технологічних параметрів системи транспортування. Нестабільні умови транспортування викликають спінування молока, диспергування жирових кульок і, як наслідок, погіршення якості молока [8, 13]. Особливо це відчутно для доїльних установок з верхнім молокопроводом. Проблема має значні масштаби, оскільки для доїння більше 80 % усього промислового стада корів використовують доїльні установки типу «молокопровід» [13].

Тому є актуальним створення колектора доїльного апарата з позитивним впливом на повноту реалізації продуктивного потенціалу тварин, збереження якості отриманого молока та підвищення ефективності машинного доїння в цілому.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Сучасні доїльні апарати мають постійний підвід повітря (8–10 л/хв.) до молочної камери колектора [1, 13]. Вважається, що таке рішення забезпечує надійне транспортування молока до верхнього молокопроводу. Неперервне надходження повітря впродовж 5–6 хв. тривалості машинного доїння викликає зміну тиску у піддійковому просторі [2, 3, 10]. Оскільки молоковіддача коливається в значних межах (від 0,2 до 6–8 л/хв.), то змінюється і режим транспортування молока молочним шлангом [13, 14]. Утворюється різне співвідношення молока та повітря у молочному шлангові, відповідно і різний перепад тиску. При недостатньому перепаді тиску порція молока не встигає піднятися до молокопроводу протягом одного пульсу. Повернення молока до колектора спричиняє збільшення втрат тиску на транспортування наступної порції [4]. Виникає пульсуючий рух та значні коливання тиску, що знижує ефективність транспортуючої ланки [6, 13]. Окрім цього, коливання тиску негативно впливає на стан здоров'я корів [5, 9].

Колівання тиску, спричинене нерівномірністю молоковіддачі, пропонується усунути шляхом збільшення об'єму молочної камери колектора. Конструкція колектора зі збільшеним об'ємом молочної камери та порційним впуском повітря через клапан [15] частково вирішує проблему пульсації. Але суттєве ускладнення будови

колектора вимагає подальших досліджень даного рішення. Натомість, вченими [13] рекомендується обмежити об'єм молочної камери на рівні 150–250 мл, а діаметр молочного шланга не повинен перевищувати 14 мм. Неперервний впуск повітря до колектора має поєднуватися із попарним режимом доїння. Такий режим роботи доїльного апарата зменшує миттєву кількість молока у молочної камері колектора, а неперервний потік повітря має створити транспортуючу різницю тисків.

Присутність на ринку різноманітних виконань колектора вказує на постійний пошук його раціональної конструкційно-технологічної схеми. Деякі конструкційні рішення значно ускладнюють будову колектора, що викликає його удорожчання. При цьому не враховується вплив повітря та його кількості на якісні показники молока. Так, в молочному шлангові під дією сильного потоку повітря відбувається диспергування молока. Розбивання молочних кульок на дрібні структури призводить до скорочення бактерицидної фази молока [11, 13]. Окрім цього, молоко в процесі транспортування надмірним потоком повітря збовтується. Жирові кульки відшаровуються і залишаються на стінках молокопроводної системи. Встановлено, що внаслідок таких процесів втрачається 0,32 % молочного жиру [11, 13], а це погіршує технологічні властивості молока.

Не вирішеним залишається питання встановлення раціонального співвідношення між конструкційними параметрами молочної камери колектора та ощадними режимами транспортування молока молочним шлангом до молокопроводу. Для цього необхідно узгодити подачу повітря до молочної камери, впродовж такту стиснення, та інтенсивність молоковіддачі з метою забезпечення транспортуючої різниці тиску.

Тому, відсутність науково обґрунтованих конструкційно-технологічних параметрів та режимів роботи спонукає до проведення досліджень в напрямку встановлення раціональної структурно-функціональної схеми колектора доїльного апарата.

## 3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є підвищення ефективності доїння у верхній молокопровід шляхом удосконалення конструкційно-технологічної схеми колектора доїльного апарата.

Для досягнення мети було сформуовано такі завдання:

- встановити вплив параметрів молочної камери колектора на режими роботи доїльного апарата;
- встановити раціональну конструкційно-технологічну схему колектора доїльного апарата;
- обґрунтувати раціональні параметри системи транспортування молока від колектора до верхнього молокопроводу.

## 4. Матеріали та методи дослідження колектора доїльного апарата

Конструктивні параметри доїльних апаратів та режими їх роботи повинні чинити мінімальний вплив на зміну якісних показників видоеного молока. Відомо, що у сучасних доїльних апаратах джерелом погіршення якості молока є повітря, що надходить до молочної камери колектора ззовні. Окрім цього, неперервне надходження

повітря спричиняє коливання рівня вакуумметричного тиску. Усунути негативні прояви можна за рахунок зміни конструкційно-технологічної схеми колектора. Пропонується удосконалена конструкція колектора [16, 17] з подвійною молочною камерою та впуском повітря лише в такт стиснення (рис. 1).

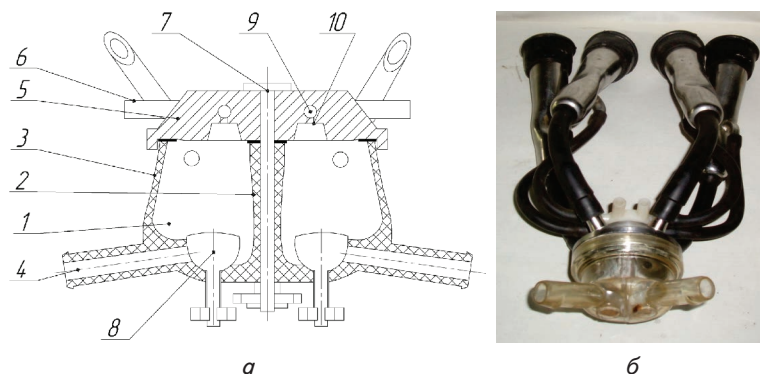


Рис. 1. Розроблений колектор доїльного апарата:

- а* – конструкційно-технологічна схема: 1 – молочна камера; 2 – перегородка; 3 – корпус; 4 – молоковідвідний патрубок; 5 – кришка з повітророзподільною камерою; 6 – повітряні патрубки до міжстінкових просторів доїльних стаканів; 7 – стяжний механізм; 8 – відсічний клапан; 9 – повітряний патрубок до пульсатора; 10 – дросельний отвір; *б* – експериментальний зразок

Кожна молокозбірна камера колектора з'єднується з молокопроводом через окремий молокопровідний шланг (рис. 1). Під час такту стиснення до молокозбірних камер через дросельні отвори надходить повітря. За рахунок такого рішення покращиться режим транспортування молока, стабілізується тиск в молокозбірній камері під час такту ссання, та забезпечиться ефективна «продувка» під час такту стиснення.

Для вирішення поставлених завдань скористаємось методами теоретичних досліджень. Теоретичні дослідження базуються на застосуванні теорії математичного моделювання з використанням основних положень інтегрального та диференціального числення, гідрогазодинаміки, теплотехніки та вакуумної техніки (методи класичних наук). Обробка результатів досліджень виконана із застосуванням положень теорії ймовірності та математичної статистики з використанням пакету прикладних програм Statistica 10 і Microsoft Excel 2010.

## 5. Результати дослідження параметрів транспортувальної ланки колектор-молокопровід

Для покращення транспортувальної властивості розробленого колектора до молокозбірної камери під час такту стиснення має надійти повітря із атмосферним тиском. Тривалість заповнення повітрям залежить від конструкційного об'єму молочної камери колектора, діаметра дросельного отвору та величини тисків на початку такту з обох сторін отвору.

Таким чином, за деякий проміжок часу  $dt$  до молочної камери колектора через дросельний отвір надійде повітря об'ємом  $V_{\text{пк}}$  з інтенсивністю  $Q_{\text{п}}$ , що спричинить зміну тиску на  $dp$ . Складемо диференціальне рівняння матеріального балансу:

$$Q_{\text{п}} p dt = V_{\text{пк}} dp, \quad (1)$$

де  $p$  – змінна величина тиску впродовж  $dt$ , кПа;  $Q_{\text{п}}$  – інтенсивність надходження повітря через дросельний отвір,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $V_{\text{пк}}$  – об'єм повітря, що спричиняє зміну тиску на  $dp$ ,  $\text{м}^3$ .

Розділивши змінні, виконали інтегрування при початкових умовах ( $t = t_0 = 0$ ;  $p = p_{\text{п}}$ ), отримали розв'язок:

$$p_{\text{пк}} = p_{\text{п}} \cdot e^{\frac{Q_{\text{п}}}{V_{\text{пк}}} t_{\text{ст}}}, \quad (2)$$

де  $p_{\text{пк}}$  – тиск у молочній камері колектора під час такту стиснення, кПа;  $p_{\text{п}}$  – тиск у молочній камері колектора під час молоковіддачі, кПа;  $t_{\text{ст}}$  – тривалість такту стиснення, с.

Об'єм повітря  $V_{\text{пк}}$  залежить від ступені заповнення молочної камери молоком під час молоковіддачі. Оскільки молоковіддача не постійна за інтенсивністю, тиск у молочній камері колектора приймає відмінні значення. Для встановлення рівня тиску  $p_{\text{п}}$  скористаємось законом Бойля-Маріотта [18–20], отримаємо:

$$p_{\text{п}} = \frac{p_{\text{к}} V_{\text{к}}}{V_{\text{п}}} = \frac{p_{\text{к}} V_{\text{к}}}{V_{\text{к}} - \frac{1}{2}(Q_{\text{м}} - Q_{\text{м}} e^{-t_c}) t_{\text{с}}}, \quad (3)$$

де  $p_{\text{к}}$  – тиск у молочній камері колектора на початку такту ссання, кПа;  $V_{\text{к}}$  – конструкційний об'єм молочної камери колектора,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{п}}$  – об'єм, що займає повітря у молочній камері колектора при тиску  $p_{\text{п}}$ ,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{с}}$  – координата часу такту ссання (приймає значення від 0 до  $t_{\text{с}}^{\text{с}}$ ), с;  $t_{\text{с}}^{\text{с}}$  – тривалість такту ссання, с.

Коефіцієнт  $1/2$  у рівнянні (3) визначається конструкцією розробленої двосекційної молочної камери колектора, до кожної частини якої надходить молоко тільки від двох доїльних стаканів при попарному доїнні. Мінусове значення координати часу такту ссання вказує на постійний неперервний потік молока через вивідний молочний патрубок. Таким чином, тиск  $p_{\text{п}}$  має змінну величину впродовж такту ссання (рис. 2) і залежить від ступеня заповнення молоком молочної камери колектора.

Зі збільшенням об'єму молокозбірної камери колектора (рис. 2) тиск в кінці такту ссання ( $p_{\text{п}}$ ) знижується незалежно від інтенсивності молоковіддачі ( $Q_{\text{м}}$ ). Але, при фіксованому об'ємі молокозбірної камери колектора, тиск  $p_{\text{п}}$  зростає при збільшенні інтенсивності молоковіддачі.

Характер зміни тиску можна пояснити зміною об'єму, що займає молоко у молочній камері колектора. Так, при інтенсивності молоковіддачі від 0,005 до 0,04 л/с об'єм, вільний від молока зростає на 50–54 % при збільшенні об'єму молочної камери колектора від 0,08 до 0,16 л. Незалежно від об'єму молокозбірної камери колектора, об'єм зайнятий молоком збільшується до 87,5 % при збільшенні інтенсивності молоковіддачі від 0,005 до 0,04 л/с.

Для забезпечення гарантованого транспортування молока молочним шлангом до магістрального молокопроводу повинна виконуватись умова:

$$p_{\text{пк}} \geq p_{\text{мп}} + \Delta p_{\text{т}}, \quad (4)$$

де  $p_{\text{мп}}$  – тиск у молокопроводі, кПа;  $\Delta p_{\text{т}}$  – втрати тиску в молочному шлангові при транспортуванні порції молока, кПа.

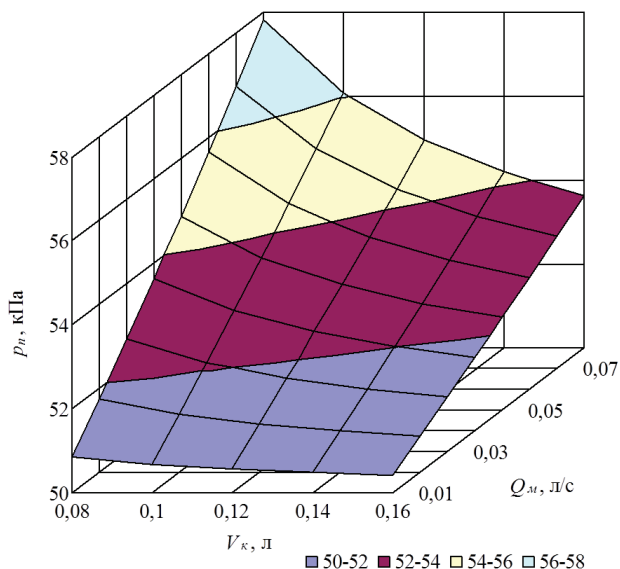


Рис. 2. Залежність величини тиску  $p_n$  від інтенсивності молоковіддачі ( $Q_m$ ) та конструкційного об'єму молокозбірної камери колектора ( $V_k$ ), за умови початкового тиску  $p_k = 50$  кПа та тривалості такту ссання  $t_{cc} = 0,6$  с

Для встановлення втрат тиску  $\Delta p_t$ , аналітично отримане рівняння:

$$\Delta p_t = \rho_m \frac{2Q_m}{\pi d_{ш}^2} \cos \alpha (gt_{cc} + l_{ш}) + 0,2028 Q_m^2 \rho_m \left( \frac{\lambda_m l_{ш}}{d_{ш}^5} + \frac{\xi_s + \xi_p + \xi_n}{d_{ш}^4} \right), \quad (5)$$

де  $\rho_m$  – густина молока,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\alpha$  – кут нахилу молочного шланга, градус;  $d_{ш}$  – діаметр молочного шланга, м;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;  $l_{ш}$  – довжина молочного шланга, м;  $\lambda_m$  – гідрравлічний коефіцієнт тертя;  $\xi_s$ ,  $\xi_p$ ,  $\xi_n$  – відповідно коефіцієнт місцевого опору при звуженні, розширенні, зміні напрямку та повороту потоку молока у молочному шлангові.

Тиск у молочній камері колектора зростає від початкової величини до рівня  $p_{шк}$  за рахунок надходження повітря через дросельний отвір. Інтенсивність подачі повітря ( $Q_{п}$ ) повинна забезпечити необхідну транспортуючу різницю тисків, становить:

$$Q_{п} = \frac{p_k (V_k^2 - V_k)}{(p_{шк} + \Delta p_t) \left( V_k t_{ст} - \frac{1}{2} Q_m t_{ст} t_{ст} - t_{ст} \right)}, \quad (6)$$

де  $t_{ст}$  – тривалість такту стиску, с.

За формулою (6) можна визначити необхідну фактичну подачу повітря до молокозбірної камери колектора для виконання умови (4). Конструкційні параметри транспортуючої ланки та режим роботи доїльного апарата впливають на інтенсивність подачі повітря (рис. 3).

При збільшенні діаметра молочного шланга (рис. 3) інтенсивність подачі повітря ( $Q_{п}$ ) суттєво залежить від інтенсивності молоковіддачі. Так, в межах діапазону діаметра молочного шланга від 10 до 16 мм інтенсивність подачі повітря для  $Q_m = 0,12$  л/с зростає на 22,4 %, а при  $Q_m = 0,02$  л/с лише на 2 %. Це вказує на важливість правильного вибору раціонального діаметра молочного

шланга для забезпечення гарантованої умови транспортування порції молока до магістрального молокопроводу. За умови максимального значення інтенсивності молоковіддачі ( $Q_m = 0,12$  л/с) та найменшого діаметра молочного шланга ( $d_{ш} = 10$  мм) спостерігається мінімальна необхідна подача повітря ( $Q_{п} = 0,18$  л/с).

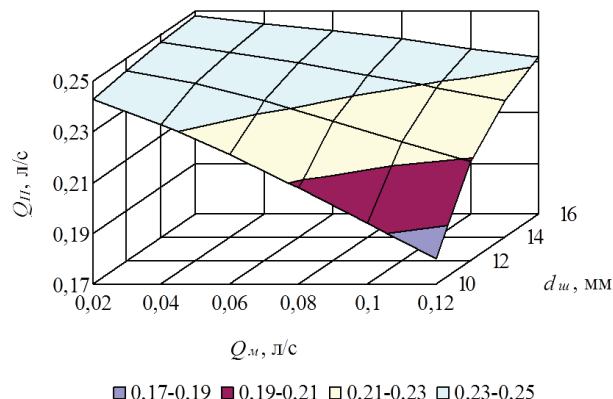


Рис. 3. Залежність інтенсивності подачі повітря ( $Q_{п}$ ) від діаметра молочного шланга ( $d_{ш}$ ) та інтенсивності молоковіддачі ( $Q_m$ ) при конструкційному об'ємі секції молокозбірної камери  $V_k = 0,10$  л

Важливим конструкційним параметром розробленого колектора є діаметр дросельного отвору. Залежно від інтенсивності надходження повітря та різниці тисків між розподільною та молочною камерами колектора, з врахуванням рівнянь (3) та (6), діаметр дросельного отвору визначається за формулою:

$$d = 1,129 \cdot \left( \frac{Q_{п} p_p}{p_{шк} + \Delta p_t} \right)^{0,5} \cdot \left( \frac{p_p}{2(p_p - p_n)} \right)^{0,25}, \quad (7)$$

де  $\rho_p$  – густина повітря при тиску  $p_p$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  $p_p$  – тиск повітря у розподільній камері колектора під час такту стиснення, кПа.

Більшому об'єму секції молочної камери колектора ( $V_k$ ) відповідає більший діаметр дросельного отвору ( $d$ ), незалежно від інтенсивності молоковіддачі (рис. 4).

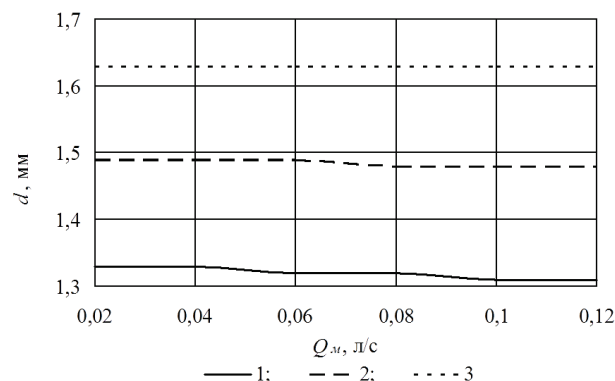


Рис. 4. Залежність діаметра дросельного отвору ( $d$ ) від інтенсивності молоковіддачі ( $Q_m$ ) та діаметра молочного шланга ( $d_{ш}$ ) в поєднанні із фіксованим конструкційним об'ємом секції молокозбірної камери ( $V_k$ ):  
1 –  $V_k = 0,08$  л,  $d_{ш} = 12$  мм; 2 –  $V_k = 0,1$  л,  $d_{ш} = 14$  мм;  
3 –  $V_k = 0,12$  л,  $d_{ш} = 16$  мм



Відповідно до рис. 4, при певному поєднанні діаметра молочного шланга ( $d_{\text{ш}}$ ) та конструкційного об'єму секції молокозбірної камери колектора ( $V_{\text{к}}$ ) діаметр дросельного отвору майже не змінюється. Отже, діаметр дросельного отвору ( $d$ ) може мати постійну величину незалежно від інтенсивності молоковіддачі. Але зі збільшенням діаметра молочного шланга ( $d_{\text{ш}}$ ) необхідно більший діаметр дросельного отвору ( $d$ ). Це спостерігається в досліджуваному діапазоні об'ємів секцій молочних камер колектора ( $V_{\text{к}}$ ), незалежно від інтенсивності молоковіддачі ( $Q_{\text{м}}$ ).

## 6. Обговорення результатів дослідження конструкційних параметрів та режимів функціонування колектора доїльного апарата

Запропоновані конструкційні рішення розробленого колектора дозволяють усунути причини, що супроводжують пульсацію потоку молока, диспергування жирових часток і, відповідно, погіршення його технологічних властивостей. Пропонується режим роботи, за якого до молокозбірних секцій колектора надходить повітря тільки у такт стиснення. Інтенсивність подачі повітря регламентується об'ємом секції молочної камери, діаметром дросельного отвору та залежить від величини тисків на початку такту з обох сторін отвору. В поєднанні з попарним режимом роботи доїльного апарата, покращується ефективність транспортування порції молока до верхнього молокопроводу доїльної установки.

Збереження якісних показників молока досягається шляхом узгодження інтенсивності подачі повітря до секції молочної камери та інтенсивності молоковіддачі. За такої умови порція молока залишається цілісною та не руйнується під час транспортування до магістрального молокопроводу. Це впливає із прийнятого режиму подачі повітря до молокозбірної камери колектора – під час такту стиснення. Тому кожна порція видоєного молока буде знаходитись в молочному шлангові, між двома повітряними пробками. Втрати тиску спричинені переміщенням повітряного потоку молочним шлангом не будуть мати суттєвого впливу на загальні втрати напору. Це пояснюється значно нижчою густиною повітря порівняно із густиною молока.

Важливим у забезпеченні ефективного транспортування молока до молокопроводу є об'єм молочної камери та діаметр молочного шланга. Залежно від конструкційного об'єму молочної камери та інтенсивності молоковіддачі встановлюється бажана інтенсивність подачі повітря. Так, більшому об'єму молочної камери відповідає вища подача повітря при незмінній інтенсивності молоковіддачі. При зростанні інтенсивності молоковіддачі зменшується подача повітря за рахунок зменшення вільного від молока об'єму молочної камери колектора. Діаметр молочного шланга визначає швидкісні режими транспортування молока до молокопроводу, за рахунок впливу на інтенсивність подачі повітря. Тому правильний вибір раціонального діаметра гнучкого молокопроводу покращить режим транспортування молока, особливо при доїнні високопродуктивних корів.

Об'єм секції молокозбірної камери колектора варто узгоджувати з діаметром дросельного отвору. Такий висновок пояснюється зміною рушійної різниці тисків між розподільною та молочною камерами колектора залежно від режиму доїння.

Застосування отриманих математичних залежностей дозволить встановити раціональне поєднання конструкційного об'єму секції молочної камери колектора, діаметра молочного шланга та діаметра дросельного отвору. Прикладним аспектом використання результатів наукового дослідження є можливість вдосконалення конструкції колектора доїльного апарата, що забезпечить збереження якості молока під час його транспортування до верхнього молокопроводу доїльної установки.

Подальші дослідження необхідно проводити в напрямку підтвердження теоретичних викладок шляхом проведення експериментальних досліджень. Основну увагу варто приділити співвідношенню молока та повітря в загальному потоці молоко-повітряної суміші у молочному шлангові.

Результати представлених досліджень підтверджують можливість створення адаптованої до режимів доїння структурно-функціональної схеми колектора із раціональними конструкційно-технологічними параметрами.

## 7. Висновки

1. Встановили, що варіювання конструкційним об'ємом молочної камери колектора дозволяє забезпечити безпечний рівень та необхідну стабільність тиску у підійковому просторі доїльних стаканів. З'ясовано, що вищому приросту тиску відповідає менший об'єм молочної камери колектора, незалежно від інтенсивності молоковіддачі. При цьому, додатковий приріст тиску покращує режим транспортування молоко-повітряної суміші до верхнього молокопроводу доїльної установки.

2. Розроблена конструкція двосекційного колектора доїльного апарата дозволяє усунути негативний вплив на якість видоєного молока. Це досягається за рахунок забезпечення бажаного режиму транспортування молока молочним шлангом. Основна конструкційно-технологічна відмінність – впуск повітря до секції молочної камери тільки під час такту стиснення. З метою збереження якості молока, повітря надходить через дросельний отвір від розподільної камери колектора. За рахунок такого рішення стабілізується тиск в молокозбірній камері під час такту ссання, та забезпечиться її ефективна «продувка» під час такту стиснення. При цьому знижується негативний вплив тиску на дірку тварини за рахунок зниження його рівня.

3. В результаті проведених досліджень встановлено необхідну інтенсивність подачі повітря до секції молочної камери колектора залежно від діаметра молочного шланга. Так, зі збільшенням діаметра молочного шланга від 10 до 16 мм необхідно збільшувати інтенсивність подачі повітря від 2 % до 22,4 % в межах інтенсивності молоковіддачі від 0,02 л/с до 0,12 л/с. Отримана математична модель, яка пов'язує діаметр дросельного отвору із інтенсивністю молоковіддачі, інтенсивністю подачі повітря, діаметром молочного шланга, конструкційним об'ємом секції молокозбірної камери та втратами тиску у молочному шлангові. Визначено, що при діаметрі молочного шланга 16 мм та об'ємі секції молочної камери 0,12 л достатньо мати діаметр дросельного отвору 1,63 мм. При цьому інтенсивність молоковіддачі не матиме суттєвого впливу на ефективність транспортування порції молока.

## Література

1. Bluemel, F. E., E. Savary, P., E. Schick M. Effects of an extended c-phase on vacuum conditions in the milking cluster // *Biosystems Engineering*. 2016. Vol. 148. P. 68–75. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2016.04.004
2. Кудлай І. М., Луценко М. М. Перспективні технології виробництва молока // *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2010. № 7. С. 64–68.
3. Besier J., Bruckmaier R. M. Vacuum levels and milk-flow-dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, Issue 4. P. 3096–3102. doi: 10.3168/jds.2015-10340
4. Effects of quarter individual and conventional milking systems on teat condition / Rose-Meierhöfer S., Müller A. B., Mittmann L., Demba S., Entorf A.-C., Hoffmann G. et. al. // *Preventive Veterinary Medicine*. 2014. Vol. 113, Issue 4. P. 556–564. doi: 10.1016/j.prevetmed.2014.01.006
5. Hovinen M., Pyörälä S. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking // *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94, Issue 2. P. 547–562. doi: 10.3168/jds.2010-3556
6. Effect of pulsation rest phase duration on teat end congestion / Upton J., Penry J. F., Rasmussen M. D., Thompson P. D., Reine-mann D. J. // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, Issue 5. P. 3958–3965. doi: 10.3168/jds.2015-10466
7. Mein G. A. The Role of the Milking Machine in Mastitis Control // *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2012. Vol. 28, Issue 2. P. 307–320. doi: 10.1016/j.cvfa.2012.03.004
8. Карташов Л. П. Машинное доение коров. М.: Колос, 1982. 301 с.
9. Besier J., Lind O., Bruckmaier R. M. Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: types, causes and impacts on teat condition and udder health – a literature review // *Journal of Applied Animal Research*. 2015. Vol. 44, Issue 1. P. 263–272. doi: 10.1080/09712119.2015.1031780
10. Ströbel U., Rose-Meierhöfer R., Brunsch R. Design of a vacuum control system with frequent teat-end vacuum adaption for milking machines // *Proceedings International Conference of Agricultural Engineering*. Zurich, 2014. P. 1–6.
11. Палій А. П. Вплив молокопровідних систем доїльних установок на споживчі показники молока // *Тваринництво України*. 2016. № 9. С. 20–22.
12. Смоляр В. Рівень захворюваності корів на мастит за використання різних типів доїльних установок // *Техніка і технології АПК*. 2014. № 1. С. 17–20.
13. Фененко А. І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: монографія. Київ, 2008. 198 с.
14. Павленко С. І., Алієв Е. Б., Линник Ю. О. Методика експериментальних досліджень процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті // *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2015. Т. 2, Вип. 5. С. 167–172.
15. Фененко А. І. Техніко-технологічні аспекти удосконалення біотехнічної ланки «машина-тварина» процесу виробництва молока // *Механізація і електрифікація сільського господарства*. 2007. Вип. 91. С. 65–77.
16. Ачкєвич В. І., Ткач В. В. До обґрунтування параметрів двохкамерного колектора доїльного апарата з попарним пульсатором // *Механізація і електрифікація сільського господарства*. 2014. Т. 1, Вип. 99. С. 506–509.
17. Колектор доїльного апарата: Пат. № 66812 UA. МПК A01J 7/00 / Фененко А. І., Ачкєвич В. І., Дріго В. О., Михайленко П. М.; заявник і патентовласник Фененко А. І., Ачкєвич В. І., Дріго В. О., Михайленко П. М. № 201104208; заявл. 07.04.2011; опубл. 25.01.2012, Бюл. № 2.
18. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
19. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа: учеб. 7-е изд., испр. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
20. Вакуумная техника: справочник / Фролов Е. С., Минайчев В. Е., Александрова А. Т. и др.; под ред. Е. С. Фролова, В. Е. Минайчева. М.: Машиностроение, 1992. 480 с.